

## **A talajok réz-, cink- és mangántartalmának összehasonlítása KCl-EDTA, Lakanen-Erviö és töménysavas feltárással a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer vizsgálatai alapján**

MOLNÁROS IMRE és GRÁCZOL CSABA

Vas Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás, Tanakajd

### **Bevezetés**

A talajok felvehető és könnyen mobilizálható elemtartalmának meghatározásához a nemzetközi gyakorlatban nagyon sokféle kivonószert használnak (LAKANEN, 1962). Ezek többsége csak bizonyos talajtulajdonságok esetén ill. elemeknél használható. KIEKENS és COTTENIE (1982) a mikroelemek meghatározására ismertették, hogy elemenként mely módszerek használatosak, illetve több elem egyidejű extrakciója milyen metodikával lehetséges. LAKANEN és ERVIÖ (1971) 8 kivonószert hasonlított össze és megállapították, hogy a „savas ammónium-acetát+EDTA” megfelel a kálium, kalcium, magnézium, foszfor és a mikroelemek egyidejű extrahálására. SOLTANPOUR és SCHWAB (1977) módszert dolgozott ki a foszfát, nitrát, kálium és a nyomelemek (cink, vas, mangán és réz) egyidőben történő extrahálására.

A kivonószert megválasztásának legfontosabb szempontjai, hogy egyidőben megfeleljenek a talajvédelmi és növénytaplálási szempontoknak, sorozatvizsgálatra alkalmasak legyenek, a vizsgálati költségek alacsonyak maradjanak és nemzetközi összehasonlításra is alkalmasak legyenek.

Hazánkban az említett feltételeknek leginkább a KCl-EDTA (MSZ-20135: 1999) kivonószert felelt meg.

A kötelező üzemi talajvizsgálatok bevezetésével, 1978 óta a talajok felvehető és könnyen mobilizálható mikroelem-tartalmának meghatározásához a tömeges, nagyszámú minta elemzéséhez a KCl-EDTA kivonószert használjuk. A nemzetközi gyakorlatban azonban ezt az eljárást csak elvétve, nagyon ritkán alkalmazzák. Ezért a nemzetközi és a hazai eredmények összehasonlítása komoly nehézséget okoz.

Külföldön a felvehető és oldható toxikus elemtartalom meghatározásához szélesebb körben használják LAKANEN és ERVIÖ (1971) eljárását.

A talajok nehézfémtartalmának felmérését és a változásaik regisztrálásának szükségességét felismerve az 1988. évi 2. tvr. és végrehajtására kiadott 5/1988. számú MEM rendelet előírta a nehézfémek tízévenkénti vizsgálatát.

Az 1994. évi LV. tv. a termőföldről állami feladatként fogalmazta meg a talajok minőségi változásának folyamatos nyomon követését.

Az 1988. évi 2. tvr. végrehajtása Vas megyében eredményes volt, az üzemek talajainak 2/3-át vizsgáltuk meg, de a privatizációs változások megakadályozták a feladat befejezését.

A meglévő adataink így is alkalmasak a Vas megyei talajok nehézfém térképének elkészítéséhez, a szükséges értékelések elvégzéséhez (MOLNÁROS, 1997).

Az 1992-ben beindított Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) vizsgálati eredményeinek felhasználásával tovább szélesíthetők ismereteink. A TIM módszertana (VÁRALLYAY et. al., 1995) – a nemzetközi gyakorlattal összhangban – a Lakanen-Erviö kivonást és a töménysavas feltárási eljárás alkalmazását írta elő, míg a feltalajból KCl-EDTA kivonattal is meghatározásra került a Cu-, Zn- és Mn-tartalom. Jelen dolgozatunkban a vizsgálatba vont talajok Cu-, Zn- és Mn-tartalmának eredményeit értékeljük, ugyanakkor a többi elem (Fe, Al, Pb, Cr) meghatározásának eredményeiről a folyóirat e számában megjelenő másik közleményünkben számolunk be.

MARTH (1990) az AL-EDTA és Lakanen-Erviö kivonószerek összehasonlítása során réz esetében 0,967; cinknél 0,444 és mangánnál 0,420 korrelációs koefficienszt kapott, amely arra enged következtetni, hogy elvégezhető a KCl-EDTA módszer kalibrációja is a Lakanen-Erviö módszerrel, de vizsgálni kell a legfontosabb talajtulajdonságokkal való kapcsolatát, így a cink és mangán esetén is szorosabb kapcsolatra lehet számítani.

Az 1999-ben esedékes TIM vizsgálatok lehetőséget kínálnak valamennyi nehézfém KCl-EDTA-s meghatározásához is.

Az 1992. évi TIM vizsgálat eredményei, valamint Vas megye talajainak 11259 db mintából álló KCl-EDTA-s nehézfém vizsgálatának összehasonlítása jelentős segítséget nyújthat a KCl-EDTA és Lakanen-Erviö kivonószerek megfelelő szintű kalibrációjához.

### Anyag és módszer

1992-ben 5 megye – Győr-Moson-Sopron, Somogy, Vas, Veszprém, Zala – 289 db TIM pontjának feltalajmintájából vizsgáltuk a réz, cink, mangán elemeket KCl-EDTA, Lakanen-Erviö kivonószerekkel és töménysavas feltárással. Az oldatokat ICP-készülékkel elemeztük. A különböző kivonószerekkel nyert eredményeket összehasonlítottuk, megnéztük, hogy a kapott értékek hogyan függenek a talaj kémhatásától, mésztartalmától, kötöttségétől, humusztartalmától és agyagtartalmától. A TIM adatokat összehasonlítottuk a 11259 db Vas megyei minta KCl-EDTA kivonószerekkel kapott eredményeivel.

Megjegyezzük, hogy a kötöttségi kategóriák megválasztásánál kisebb eltéréssel a „Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv” (BUZÁS, 1993) talajfizikai kategóriáit alkalmaztuk. A durva homokot ( $K_A < 25$ ) és homokot külön nem vizsgáltuk, ezért a két kategóriát összevontan homok kategóriába soroltuk ( $K_A > 30$ ).

Az 5 megyét képviselő 289 db TIM-pont megoszlása talajfizikai kategóriák szerint a következő: homok: 17,7 %; homokos vályog: 23,9 %; vályog: 26,3 %; agyagos vályog: 21,1 %; agyag: 8,0 %; nehéz agyag: 2,0 %; szerves talaj: 1,0 % (összesen: 100 %).

A pH kategóriákat VÁRALLYAY és munkatársai (1992) szaktanácsadási módszere szerint kombináltuk a mésztartalommal, így a két egymással szorosan összefüggő talajtulajdonságot együtt értékeljük.

#### *Az alkalmazott módszerek*

- a) KCl-EDTA: (0,1 M KCl + 0,05 M EDTA)
- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| talaj bemérés: | 25 g               |
| kivonószer:    | 50 cm <sup>3</sup> |
| rázatási idő:  | 2 óra              |
- b) Lakanen-Erviö (LE): (0,5 M ammónium-acetát + 0,5 M ecetsav + 0,02 M EDTE)
- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| talaj bemérés: | 5 g                |
| kivonószer:    | 50 cm <sup>3</sup> |
| rázatási idő:  | 1 óra              |
| pH:            | 4,65               |
- c) Töménysav (TS): (cc. HNO<sub>3</sub> 5 cm<sup>3</sup> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3 cm<sup>3</sup>)
- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| talaj bemérés: | 1 g                    |
| hígítás:       | 50 cm <sup>3</sup> -re |
| roncsolás:     | 105 °C-on 3 óra        |

A KCl-EDTA és a töménysav által kivont mennyiségeket viszonyítottuk a Lakanen-Erviö kivonószerhez (LE = 1). A LE-t nagyobb elterjedtsége miatt választottuk egységnek.

Korrelációs számítást végeztünk elemenként a kivonószerek által kivont mennyiség és a talajtulajdonságok között, továbbá a talajtulajdonságok közötti összefüggést is vizsgáltuk. A korrelációs mátrixot a 4. táblázat tartalmazza.

#### **Az eredmények értékelése**

##### *Réz vizsgálatok*

A 289 minta átlagában kivonószereként a Cu-tartalom és -arány a következő:

LE:	4,38 mg/kg,	1
KCl-EDTA:	3,03 mg/kg,	0,69
TS:	11,59 mg/kg,	2,65

1.

TIM-szelvények (1992) és Vas megyei talajok (1992–1996)

(1) Paraméter	(2) TIM-szelvények						
	(3) db	pH (KCl)	CaCO <sub>3</sub> %	(4) K <sub>A</sub>	(5) H %	Cu- EDTA	Cu- LE
	mg/kg						
<b>A. pH(KCl)      CaCO<sub>3</sub> %</b>							
< 4,00	47	3,62	0,0	35	1,54	1,71	4,12
4,00–5,50	71	4,78	0,0	36	1,53	2,95	3,56
5,51–6,50	64	5,94	0,0	37	1,51	3,46	5,23
> 6,50	0	-	-	-	-	-	-
> 6,50      0,0	22	6,82	0,5	39	2,04	3,37	3,98
> 6,50      0,1–1,0	25	7,08	2,7	43	2,54	4,51	5,92
> 6,50      1,1–5,0	35	7,26	9,1	41	2,46	2,84	4,23
> 6,50      5,1–15,0	25	7,34	30,0	47	2,87	3,11	4,02
> 6,50      > 15							
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	3,03	4,38
b) Szórás		1,34	9,72	8,94	1,02	2,46	3,27
CV %		23	231	23	54	81	75
<b>B. Humusz, H %</b>							
< 1,00	27	4,85	1,5	32	0,80	2,18	2,93
1,00–1,50	102	5,39	1,4	34	1,25	2,81	4,60
1,51–2,00	80	5,67	2,9	39	1,75	3,33	4,27
2,01–2,50	28	6,26	5,1	41	2,26	3,09	3,83
2,51–3,00	16	6,56	12,2	45	2,74	4,36	5,38
3,01–3,50	12	6,60	11,0	44	3,20	2,82	4,62
3,51–4,00	6	5,74	5,4	46	3,79	2,50	2,64
4,01–4,50	6	6,78	18,1	52	4,25	4,08	7,82
4,51–5,00	4	7,14	18,0	56	4,74	1,80	4,15
> 5,01	8	7,14	14,9	55	5,34	3,39	6,06
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	3,03	4,38
b) Szórás		1,34	9,72	8,94	1,02	2,46	3,27
CV %		23	231	23	54	81	78
<b>C. Kötöttség, K<sub>A</sub></b>							
< 31	59	5,06	1,4	27	1,33	1,86	2,93
31–37	72	5,76	3,2	34	1,57	2,88	4,69
38–42	79	5,73	3,1	40	1,80	3,53	4,34
43–50	56	6,12	7,6	46	2,25	3,25	5,27
51–60	19	6,22	8,2	55	3,38	4,16	5,19
61–80	4	7,17	19,5	68	5,25	4,58	6,68
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	3,03	4,38
b) Szórás		1,34	9,72	8,94	1,02	2,46	3,27
CV %		23	231	23	54	81	75

táblázat

néhány talajparamétere és réz vizsgálati eredményei

(n = 289)			(7) Vas megyei talajok (n = 11259)					
Cu- TS	Cu- EDTA	Cu- TS	(3) db	pH (KCl)	CaCO <sub>3</sub> %	(4) K <sub>A</sub>	(5) H %	Cu- EDTA
mg/kg	(6) arány*							mg/kg
10,28	0,41	2,49	156	3,86	0,0	34	1,46	2,29
10,69	0,83	3,00	3985	4,92	0,0	39	1,64	3,14
12,21	0,66	2,33	3925	5,96	0,0	42	1,74	3,78
-	-	-	77	6,78	0,0	38	1,68	3,35
9,79	0,85	2,46	1586	6,89	0,4	41	1,83	4,06
14,41	0,76	2,43	731	7,11	3,0	41	2,12	3,20
12,63	0,67	2,98	535	7,24	8,8	41	2,62	2,40
12,34	0,77	3,07	264	7,25	23,2	43	2,66	2,73
11,59	0,69	2,65		5,87	1,2	41	1,80	3,44
4,89				0,93	4,06	9,68	0,68	2,21
42				16	335	24	38	64
10,81	0,75	3,69	448	5,52	0,2	32	0,84	2,50
10,63	0,61	2,31	3730	5,64	0,5	36	1,30	2,95
11,63	0,78	2,72	4164	5,87	0,8	41	1,73	3,63
12,53	0,81	3,28	1664	6,05	1,5	46	2,24	4,00
14,35	0,81	2,66	589	6,29	3,0	50	2,73	4,03
13,47	0,61	2,92	266	6,51	4,4	50	3,24	3,82
9,66	0,95	3,65	169	6,49	7,4	52	3,75	3,68
12,89	0,52	1,65	149	6,83	8,3	52	4,24	3,60
11,69	0,43	2,81	66	6,59	6,5	57	4,72	3,12
14,79	0,56	2,44	14	5,82	7,8	57	5,52	3,58
11,59	0,69	2,65		5,87	1,2	41	1,80	3,44
4,89				0,93	4,06	9,68	0,68	2,21
42				16	335	24	38	64
7,41	0,64	2,53	1956	5,57	0,5	28	1,34	2,59
10,85	0,61	2,31	2271	5,96	1,4	34	1,60	2,93
12,52	0,83	2,95	2518	5,81	1,3	40	1,76	3,40
14,07	0,62	2,67	3083	5,97	1,4	46	1,99	3,89
14,88	0,80	2,87	964	6,10	1,5	55	2,20	4,38
17,69	0,69	2,65	467	5,86	0,6	66	2,84	4,68
11,59	0,69	2,65		5,87	1,2	41	1,80	3,44
4,89				0,93	4,06	9,68	0,68	2,21
42				16	335	24	38	64

1. táblázat folytatása

(1) Paraméter	(2) TIM-szelvények (n 289)									
	(3) db	pH (KCl)	CaCO <sub>3</sub> %	(4) K <sub>A</sub>	(5) H %	Cu- EDTA	Cu- LE	Cu- TS	Cu- EDTA	Cu- TS
						mg/kg			(6) arány*	
D. Agyag %										
< 10	30	5,04	1,1	34	1,66	2,25	2,80	9,24	0,80	3,29
10–15	46	5,56	3,8	35	1,82	3,02	4,58	10,19	0,66	2,22
15,1–20	72	5,79	5,1	38	2,01	2,82	4,54	11,44	0,62	2,52
20,1–25	65	5,80	3,8	41	1,91	3,14	4,52	12,33	0,70	2,73
25,1–30	43	5,80	3,9	40	1,82	3,12	4,93	12,82	0,63	2,60
30,1–35	17	6,27	8,1	41	2,02	3,78	4,22	13,99	0,90	3,30
35,1–40	12	5,86	5,7	39	1,91	3,91	4,36	11,80	0,90	2,70
> 40	4	6,96	4,7	40	1,67	4,08	3,64	12,42	1,12	3,41
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	3,03	4,38	11,59	0,69	2,65
b) Szórás		1,34	9,72	8,94	1,02	2,46	3,27	4,89		
CV %		23	231	23	54	81	75	42		

\* Cu-LE = 1

A kémhatás (pH (KCl)) és mésztartalom (CaCO<sub>3</sub> %) függvényében (1. táblázat) a három kivonószernél hasonló változás mutatkozik. A legtöbb Cu-t a pH (KCl) 6,50 feletti 1,1–5,0 % CaCO<sub>3</sub> és pH (KCl) 5,51–6,50 csoportokban vonnak ki.

A KCl–EDTA által kivont Cu aránya a LE-hez viszonyítva pH (KCl) 4,00–5,50 és pH (KCl) 6,50 feletti 1,1–5,0 % CaCO<sub>3</sub> csoportban a legmagasabb. A TS-nél megállapítható, hogy a kivont mennyiség, azaz az „összes”-Cu-tartalom a talajok emelkedő kémhatásával 5 % mésztartalomig nő, ezt követően mérsékelten csökken.

A biometriai számítások alapján a pH a KCl–EDTA kivonószernél 0,19<sup>xxx</sup>, a TS-sel 0,15<sup>x</sup> korrelációt mutat.

A mésztartalommal egyik kivonószernél sem mutat összefüggést.

A nagy számú Vas megyei mintából egyértelmű összefüggés állapítható meg. A KCl–EDTA által kivont mennyiség pH (KCl) 6,50-ig meredeken, majd pH (KCl) 6,50 felett 0,1–1,0 % mésztartalomig tovább emelkedik, e feletti mésztartalomnál hirtelen csökken.

A humusztartalom (H %) függvényében (1. táblázat) a kivont Cu-mennyiségek periodicitást mutatnak. KCl–EDTA és TS kivonószereknél 3 % humusztartalomig meredek növekedés tapasztalható, e felett az adatok alacsony száma miatt nem értékelhető. A korrelációs számítás alapján egyik kivonószernél sincs megbízható összefüggés.

A Vas megyei (KCl–EDTA) vizsgálati eredmények határozott összefüggést mutatnak a humusztartalommal: 2,5 %-ig meredeken emelkedik, 3 %-ig stagnál, majd mérsékelten csökken a kivont réz mennyisége. A csökkenés feltehetően a szerves anyag Cu-megkötésével függ össze.

A kötöttség ( $K_A$ ) függvényében (1. táblázat) mindhárom kivonószernél jó összefüggés mutatkozik. A kötöttség növekedésével (kisebb törésekkel) mereken nő a kivont réz mennyisége, TS-nél állapítható meg a legerősebb lineáris összefüggés.

A biometriai értékelés alapján csak a KCl–EDTA ( $r = 0,26^{xxx}$ ) és a TS ( $r = 0,46^{xxx}$ ) kivonószerekkel van megbízható kapcsolat.

A Vas megyei (KCl–EDTA) vizsgálatok is egyértelmű összefüggést mutatnak: a kötöttséggel a kivont mennyiség lineárisan nő.

Az agyagtartalom (A %) emelkedésével (1. táblázat) KCl–EDTA kivonószernél a kivont mennyiség végig egyenletesen nő, TS-nél a növekedés 35 A %-ig emelkedik, e felett hullámszik, amit valószínűleg az adatok kis száma okoz. LE kivonószernél összefüggés nem állapítható meg, oka feltehetően a humusztartalomban keresendő.

A kivonószerek közül csak a KCl–EDTA és TS között van megbízható, jó kapcsolat ( $r = 0,35^{xxx}$ ), LE-vel a másik két kivonószert nem mutat összefüggést.

#### Cink vizsgálatok

A 289 minta átlagában kivonószereknél a Zn-tartalom és -arány a következő:

LE:	4,12 mg/kg,	1
KCl–EDTA:	2,41 mg/kg,	0,58
TS:	25,74 mg/kg,	6,24

A kémhatás (pH (KCl)) és mésztartalom ( $\text{CaCO}_3$  %) függvényében (2. táblázat) LE kivonószernél a legmagasabb érték a 15 % feletti és 1,1–5,0 % közötti mésztartalomnál, a legalacsonyabb 4,00–5,50 pH-nál és 5,1–15,0 % mésztartalomnál található. A pH és a mésztartalom emelkedésével a kivont cink mennyisége növekvő tendenciát mutat. TS-nél nagy mértékű ingadozás látható, a pH-val és a  $\text{CaCO}_3$ -tal nem mutatkozik összefüggés. A KCl–EDTA kivonószernél pH 6,50-ig mérsékelt, 0,1–1,0 % mésztartalomnál ugrásszerű emelkedés mutatkozik, ezt követően a kivont mennyiség zuhanásszerűen csökken, majd 15  $\text{CaCO}_3$  % felett ismét jelentősen emelkedik, ami a magasabb humusz és kötöttség értékkel magyarázható. A LE-hez viszonyított arány KCl–EDTA és TS kivonószereknél a pH és a mésztartalom növekedésével tendenciózusan csökken.

A Vas megyei talajoknál a KCl–EDTA kivonószernél 1,0 % mésztartalomig egyenletesen emelkedik, majd egyenletesen csökken a kivont cink mennyisége. A nagy számú adat egyértelmű összefüggést mutat a pH-val és a mésztartalommal.

A humusztartalom (H %) függvényében (2. táblázat) LE kivonószert esetén 2,51–3,00 H %-ig kezdetben mérsékelt, majd ugrásszerű emelkedés mutatkozik, ezt követően a kivont mennyiség tendenciózusan csökken. A kevés adat

2. táblázat

TIM-szelvények (1992) (n = 289) és Vas megyei talajok (1992–1996) (n = 11259)  
cink vizsgálati eredményei

(1) Paraméter	TIM-szelvények					Vas megyei
	Zn- EDTA	Zn- LE	Zn- TS	Zn- EDTA	Zn- TS	Zn- EDTA
	mg/kg			(2) arány*		mg/kg
<b>A. pH(KCl)    CaCO<sub>3</sub> %</b>						
< 4,00	1,86	7,69	22,71	0,24	2,95	1,70
4,00–5,50	2,44	2,93	27,19	0,83	9,28	2,05
5,51–6,50	2,55	4,37	25,61	0,58	5,87	2,41
> 6,50            0,0	-	-	-	-	-	2,27
> 6,50            0,1–1,0	3,31	5,26	21,11	0,63	4,01	2,69
> 6,50            1,1–5,0	2,58	6,68	28,68	0,39	4,30	2,34
> 6,50            5,1–15,0	2,60	3,16	21,51	0,82	6,82	1,90
> 6,50            > 15	2,77	7,19	23,17	0,39	3,22	2,15
a) Átlag	2,49	4,92	24,74	0,51	5,03	2,27
b) Szórás	2,23	9,67	11,32			2,04
CV %	89,4	196,6	45,8			90
<b>B. Humusz, H %</b>						
< 1,00	2,20	9,74	22,79	0,23	2,34	1,85
1,00–1,50	2,34	3,65	24,07	0,64	6,59	2,07
1,51–2,00	2,50	3,68	25,33	0,68	6,88	2,31
2,01–2,50	2,47	5,63	27,78	0,44	4,94	2,53
2,51–3,00	3,03	7,10	23,82	0,43	3,36	2,48
3,01–3,50	2,22	6,38	31,88	0,35	5,00	2,27
3,51–4,00	3,87	3,29	24,59	1,17	7,46	2,77
4,01–4,50	4,07	8,08	16,38	0,50	2,03	3,23
4,51–5,00	2,45	4,06	21,97	0,60	5,41	2,19
> 5,01	2,64	8,22	22,18	0,32	2,70	3,36
a) Átlag	2,49	4,92	24,74	0,51	5,03	2,27
b) Szórás	2,23	9,67	11,32			2,04
CV %	89,4	196,6	45,8			90
<b>C. Kötöttség, K<sub>A</sub></b>						
< 31	2,17	4,02	18,14	0,54	4,51	2,08
31–37	2,49	3,96	22,50	0,63	5,69	2,06
38–42	2,59	5,62	26,62	0,46	4,74	2,11
43–50	2,68	5,77	30,44	0,46	5,28	2,48
51–60	2,50	6,28	30,11	0,40	4,79	2,74
61–80	2,95	3,41	20,20	0,86	5,92	2,74
a) Átlag	2,49	4,92	24,74	0,51	5,03	2,27
b) Szórás	2,23	9,67	11,32			2,04
CV %	89,4	196,6	45,8			90



2. táblázat folytatása

(1) Paraméter	TIM-szelvények					Vas megyei
	Zn- EDTA	Zn- LE	Zn- TS	Zn- EDTA	Zn- TS	Zn- EDTA
	mg/kg			(2) arány*		mg/kg
D. Agyag %						
< 10	2,01	4,50	21,56	0,45	4,79	-
10–15	2,58	4,49	20,93	0,57	4,66	-
15,1–20	2,53	4,77	24,74	0,53	5,19	-
20,1–25	2,50	4,25	26,89	0,59	6,33	-
25,1–30	2,17	7,01	26,96	0,31	3,84	-
30,1–35	3,36	4,56	27,19	0,74	5,97	-
35,1–40	3,03	4,94	26,13	0,61	5,29	-
> 40	2,60	5,71	19,27	0,46	3,37	-
a) Átlag	2,49	4,92	24,74	0,51	5,03	-
b) Szórás	2,23	9,67	11,32			-
CV %	89,4	196,6	45,8			-

\* Zn-LE = 1

miatt 3,50 H % felett az értékek nem megbízhatók. Az 1 % alatti humusztartalomnál mutatkozó nagyobb érték a magasabb mésztartalommal magyarázható. KCl-EDTA kivonószernél 1 % felett, 4 % humusztartalomig tendenciájában emelkedik a kivont mennyiség, e felett csökken.

A Vas megyei talajoknál a KCl-EDTA kivonószert esetében 2,5 H %-ig egyenletesen nő, majd 3,50 %-ig csökken, ezt követően újból nő a kivont mennyiség. KCl-EDTA kivonószerezrel az eredmények a TIM és Vas megyei talajoknál hasonló tendenciát mutatnak. A TS-nél a humusztartalom emelkedésével 3,50 H %-ig – 2,51–3,00 H % kivételével – ugrásszerűen nő a kivont mennyiség, ezt követően zuhanásszerűen csökken. A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA és TS kivonószereknél a humusztartalom növekedésével csökkenő tendenciát mutat.

A kötöttség ( $K_A$ ) függvényében (2. táblázat) a következők állapíthatók meg: LE kivonószerezrel  $K_A$  50-ig a kivont mennyiség jelentős mértékben emelkedik, majd mérsékelten csökken. KCl-EDTA esetén  $K_A$  50-ig az emelkedés egyenletes, majd csökken. A Vas megyei KCl-EDTA értékek  $K_A$  42-ig nem változnak, majd egyenletesen emelkednek. TS-nél a kötöttség növekedésével a kivont mennyiség ugrásszerűen emelkedik.  $K_A$  60 felett a kevés adat miatt nem értékelhető. A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA kivonószernél a kötöttség növekedésével csökken, TS-nél lényegesen nem változik.

Az agyagtartalom (A %) növekedésével (2. táblázat) LE kivonószerezrel a kivont mennyiség 25 %-ig nem változik, ezt követően egyenletesen emelkedik.

KCl-EDTA kivonószernél nem állapítható meg összefüggés, valószínűleg a mésztartalom és a humusztartalom módosító hatása érvényesül.

Az agyagtartalom függvényében a LE-hez viszonyított arány sem a KCl-EDTA, sem a TS-nél nem mutat határozott összefüggést.

A biometriai értékelés alapján a kivonószerek a pH-val,  $\text{CaCO}_3$ - és a humusztartalommal nem mutatnak megbízható kapcsolatot. A kötöttséggel is csak a TS mutat összefüggést ( $r = 0,31^{\text{xxx}}$ ).

A kivonószerek között nincs megbízható kapcsolat: a KCl-EDTA és a TS között pozitív kapcsolat van ( $r = 0,11$ ), de az összefüggés nem megbízható.

### *Mangán vizsgálatok*

Kivonószerenként az átlagos Mn-tartalom és -arány a következő:

LE:	112 mg/kg,	1
KCl-EDTA:	128 mg/kg,	1,15
TS:	429 mg/kg,	3,85

A kémhatás ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) és mésztartalom ( $\text{CaCO}_3$  %) függvényében (3. táblázat) a LE kivonószerral a kivont Mn mennyisége  $\text{pH}(\text{KCl})$  6,50 felett 5,0 % mésztartalomig egyenletesen nő, ezt követően csökken. KCl-EDTA esetén  $\text{pH}$  6,50-ig meredeken emelkedik, 1 % mésztartalomig stagnál, majd egyenletesen gyors ütemben csökken a kivont mennyiség. TS-nél 5,50  $\text{pH}$ -ig mérsékelten emelkedik, majd a 0,1–1,0 %  $\text{CaCO}_3$  csoportot kivéve egyenletesen csökken. A kivétel okára a meglévő adatok nem adnak felvilágosítást. Az adatok jól szemléltetik, hogy 1,0 % mésztartalomig a KCl-EDTA a LE-nél többet von ki, az e feletti mésztartalomnál kevesebbet, amit a LE erősen savas kémhatása (4,65) indokol.

KCl-EDTA kivonószernél a LE-hez viszonyított arány a  $\text{pH}$  és mésztartalom emelkedésével 1,87-ről egyenletesen 0,23-ra csökken. TS-nél az arány 1,0 %  $\text{CaCO}_3$ -ig 6,36-ról 2,72-re mérséklődik, 1,0 % mésztartalom felett már nem változik.

A  $\text{pH}$ -val mindhárom kivonószert megbízható kapcsolatot mutat: a KCl-EDTA ( $r = 0,21^{\text{xxx}}$ ) és a LE kivonószerral ( $r = 0,28^{\text{xxx}}$ ) pozitív, a TS-sel ( $r = -0,16^{\text{xx}}$ ) negatív összefüggést mutat.

A  $\text{CaCO}_3$ -tartalommal a KCl-EDTA ( $r = -0,31^{\text{xxx}}$ ) és a TS ( $r = -0,12^{\text{x}}$ ) negatív, a LE nem megbízható, pozitív kapcsolatot jelez.

A Vas megyei talajok KCl-EDTA értékei a TIM KCl-EDTA értékeinél átlagosan 50 mg/kg-mal magasabbak, de a  $\text{pH}$  és mésztartalom függvényében a változás nagyon hasonló.

A humusztartalom ( $H$  %) függvényében (3. táblázat) a következő megállapításokat tehetjük: A LE által kivont Mn-tartalom 2,00 % humusztartalomig nő, 3,00 %-ig stagnál, 3,00 % felett csökken, 4,00 % felett jelentősen szór, amit feltehetően az adatok nagyon alacsony száma okoz. A KCl-EDTA 1,50  $H$  %-ig növekvő, 2,00 %-ig megközelítően azonos, 2,00 % felett 3,50 %-ig csökkenő

3. táblázat  
TIM-szelvények (1992) (n = 289) és Vas megyei talajok (1992–1996) (n = 11259)  
mangán vizsgálati eredményei

(1) Paraméter	TIM-szelvények					Vas megyei
	Mn- EDTA	Mn- LE	Mn- TS	Mn- EDTA	Mn- TS	Mn- EDTA
	mg/kg			(2) arány*		mg/kg
<b>A. pH(KCl)    CaCO<sub>3</sub> %</b>						
< 4,00	130	69	442	1,87	6,36	160
4,00–5,50	153	99	487	1,55	4,94	187
5,51–6,50	181	125	469	1,45	3,76	205
> 6,50            0,0	-	-	-	-	-	186
> 6,50            0,1–1,0	176	132	358	1,33	2,72	199
> 6,50            1,1–5,0	109	150	412	0,73	2,74	90
> 6,50            5,1–15,0	30	127	362	0,23	2,85	41
> 6,50            > 15	32	116	316	0,27	2,72	31
a) Átlag	128	112	429	1,15	3,85	177
b) Szórás	109	76	247			90
CV %	85	68	58			51
<b>B. Humusz, H %</b>						
< 1,00	91	71	360	1,28	5,04	189
1,00–1,50	152	108	444	1,41	4,11	186
1,51–2,00	143	120	475	1,19	3,97	185
2,01–2,50	110	113	381	0,98	3,38	175
2,51–3,00	71	115	452	0,62	3,95	147
3,01–3,50	60	99	368	0,60	3,70	119
3,51–4,00	127	95	358	1,34	3,79	123
4,01–4,50	140	197	318	0,71	1,62	87
4,51–5,00	62	111	351	0,56	3,15	94
> 5,01	87	166	407	0,52	2,45	138
a) Átlag	128	112	429	1,15	3,85	177
b) Szórás	109	76	247			90
CV %	85	68	58			51
<b>C. Kötöttség, K<sub>A</sub></b>						
< 31	84	66	311	1,27	4,75	168
31–37	148	116	436	1,28	3,77	174
38–42	151	132	506	1,14	3,82	179
43–50	123	121	435	1,01	3,59	184
51–60	126	128	460	0,98	3,58	171
61–80	38	94	340	0,41	3,63	195
a) Átlag	128	112	429	1,15	3,85	177
b) Szórás	109	76	247			90
CV %	85	68	58			51

3. táblázat folytatása

(1) Paraméter	TIM-szelvények					Vas megyei
	Mn- EDTA	Mn- LE	Mn- TS	Mn- EDTA	Mn- TS	Mn- EDTA
	mg/kg			(2) arány*		mg/kg
<b>D. Agyag %</b>						
< 10	108	84	392	1,29	4,68	-
10–15	110	103	381	1,07	3,70	-
15,1–20	133	119	433	1,11	3,63	-
20,1–25	119	115	460	1,04	4,02	-
25,1–30	154	120	460	1,28	3,82	-
30,1–35	121	126	508	0,96	4,02	-
35,1–40	194	107	359	1,81	3,35	-
> 40	76	92	260	0,82	2,83	-
a) Átlag	128	112	429	1,15	3,85	-
b) Szórás	109	76	247			-
CV %	85	68	58			-

\* Mn-LE = 1

menntiséget vont ki. Az adatok nagyon kis száma miatt 3,50 felett már nem értékelhető. A TS 2,00 H %-ig növekvő menntiséget von ki, 2,00 % felett – a 2,51–3,00 H % csoportot kivéve – a mangán menntisége egyenletesen csökken. A kivétel a rendelkezésre álló adatokkal nem indokolható, valószínűleg a talajadottságok (ásványianyag-összetétel) okozzák.

Az arányok KCl-EDTA kivonószernél a humusztartalom növekedésével 1,41-től 0,52-ig csökkennek. Hasonló csökkenés figyelhető meg a TS esetén is. A Vas megyei KCl-EDTA eredmények azt mutatták, hogy a H % növekedésével 5,00 %-ig csökken a Mn-tartalom.

A KCl-EDTA ( $r = 0,15^x$ ) és a LE ( $r = 0,16^{xx}$ ) a humusztartalommal pozitív kapcsolatot mutat, a TS-sel nincs megbízható összefüggés.

A kötöttség ( $K_A$ ) függvényében (3. táblázat) LE kivonószernél 43  $K_A$ -értékig meredeken emelkedik, majd csökken a kivont Mn-menntiség. A KCl-EDTA és TS-nél is hasonló az eredmény.  $K_A$  50-ig a KCl-EDTA von ki többet, 50 felett a LE kivonószernél. Az arány a kötöttség emelkedésével 1,28-ról 0,41-re csökken. TS-nél  $K_A$  50-ig csökken az arány, e felett már nem változik.

A biometria értékelés alapján a kötöttséggel a LE kivonószernél mutatja a legjobb kapcsolatot ( $r = 0,22^{xxx}$ ), a TS-sel gyenge ( $r = 0,12^x$ ), a KCl-EDTA-val nem látszik megbízható kapcsolat.

A Vas megyei KCl-EDTA értékek a kötöttség növekedésével – a  $K_A$  51–60 csoport kivételével – egyenletesen emelkednek.

Az agyagtartalom (A %) függvényében (3. táblázat) LE kivonószernél a kivont Mn-menntiség 20 A %-ig emelkedik, majd 35 %-ig stagnál, ezt követően

4. táblázat  
Korrelációs mátrix

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1. pH (KCl)	1	0,45 <sup>xxx</sup>	0,33 <sup>xxx</sup>	0,28 <sup>xxx</sup>	0,19 <sup>xxx</sup>	0,03	0,15 <sup>x</sup>	0	-0,05	-0,06	0,21 <sup>xxx</sup>	0,28 <sup>xxx</sup>	-0,16 <sup>xx</sup>
2. CaCO <sub>3</sub>	0,45 <sup>xxx</sup>	1	0,40 <sup>xxx</sup>	0,29 <sup>xxx</sup>	0,02	0,09	0,05	0,05	0,07	-0,05	-0,31 <sup>xxx</sup>	0,11	-0,12 <sup>x</sup>
3. Humusz	0,33 <sup>xxx</sup>	0,40 <sup>xxx</sup>	1	0,59 <sup>xxx</sup>	0,09	0,06	0,11	0,10	0,05	-0,01	0,15 <sup>x</sup>	0,16 <sup>xx</sup>	-0,04
4. Kötöttség	0,28 <sup>xxx</sup>	0,29 <sup>xxx</sup>	0,59 <sup>xxx</sup>	1	0,26 <sup>xxx</sup>	0,07	0,46 <sup>xxx</sup>	0,07	0,08	0,31 <sup>xxx</sup>	0,02	0,22 <sup>xxx</sup>	0,12 <sup>x</sup>
5. Cu-EDTA	0,19 <sup>xxx</sup>	0,02	0,09	0,26 <sup>xxx</sup>	1	-0,02	0,35 <sup>xxx</sup>						
6. Cu-LE	0,03	0,09	0,06	0,07	-0,02	1	0,04						
7. Cu-TS	0,15 <sup>x</sup>	0,05	0,11	0,46 <sup>xxx</sup>	0,35 <sup>xxx</sup>	0,04	1						
8. Zn-EDTA	0	0,05	0,10	0,07				1	0,02	0,11			
9. Zn-LE	-0,05	0,07	0,05	0,08				0,02	1	0,00			
10. Zn-TS	-0,06	-0,05	-0,01	0,31 <sup>xxx</sup>				0,11	0,00	1			
11. Mn-EDTA	0,21 <sup>xxx</sup>	-0,31 <sup>xxx</sup>	0,15 <sup>x</sup>	0,02							1	0,38 <sup>xxx</sup>	0,33 <sup>xxx</sup>
12. Mn-LE	0,28 <sup>xxx</sup>	0,11	0,16 <sup>xx</sup>	0,22 <sup>xxx</sup>							0,38 <sup>xxx</sup>	1	0,42 <sup>xxx</sup>
13. Mn-TS	-0,16 <sup>xx</sup>	-0,12 <sup>x</sup>	-0,04	0,12 <sup>x</sup>							0,33 <sup>xxx</sup>	0,42 <sup>xxx</sup>	1

csökken. KCl-EDTA esetén 30 A %-ig emelkedő tendenciát mutat, majd meredeken csökken. A TS 35 A %-ig emelkedő Mn-mennyiséget von ki, ezt követően meredek csökkenés figyelhető meg.

A vizsgált három elem közül a mangánnál a legszorosabb az összefüggés a három kivonószert között.

LE és TS:  $r = 0,42^{xxx}$

LE és KCl-EDTA:  $r = 0,38^{xxx}$

TS és KCl-EDTA:  $r = 0,33^{xxx}$ .

### Összefoglalás

A vizsgálat sorozat alapvető célja, hogy értelmezni tudjuk a Magyarországon 1978 óta KCl-EDTA kivonószerezrel végzett réz, cink és mangán vizsgálati eredményeket a nemzetközileg elterjedt Lakanen-Erviö kivonószerezes eredmények tükrében.

A talajtulajdonságok – pH,  $\text{CaCO}_3$  %, humusz, kötöttség – jelentős mértékben befolyásolják a talajok mikroelem-tartalmát illetve a különböző kivonószerekkel kivonható elemek mennyiségét.

Az 5 megyéből – Győr-Moson-Sopron, Somogy, Vas, Veszprém, Zala – származó 289 db minta ugyan nem alkalmas a kivonószerek közötti kalibráció elvégzéséhez, de a tendenciák bemutatásával elősegítheti azt. Ehhez további információt nyújt a 11259 db Vas megyei minta KCl-EDTA vizsgálati eredménye és értékelése.

A vizsgálatok legfontosabb eredményei a következők:

1. A talajtulajdonságok szorosan összefüggnek egymással (4. táblázat). Kiemelendő a kötöttség és humusz ( $r = 0,59^{xxx}$ ), továbbá a pH és  $\text{CaCO}_3$  közötti ( $r = 0,45^{xxx}$ ) kapcsolat.

2. A töménysavas (TS) kivonószert megközelítően a teljes elemtartalom kivonására alkalmas. Az eredmények alapján a töménysav a KCl-EDTA és a Lakanen-Erviö (LE) kivonószerekhez viszonyítva – elemektől függően (Cu: 2,65-; Zn: 6,24-; Mn: 3,85-szöröse a LE értéknek) – az elemek többszörösét vonja ki.

A 289 TIM-minta átlagában a KCl-EDTA kivonószerezes eredmények a LE-hez viszonyítva eltérnek: a Cu 0,69-, Zn 0,58-, Mn 1,15- szerese a LE értéknek.

3. A vizsgált talajtulajdonságokkal mindhárom elemnél és kivonószernél határozott összefüggések látszanak. A biometria számítások azonban a szórások miatt nem minden esetben igazolják azokat.

4. A korrelációs számítás alapján elemenként a következő összefüggések állapíthatók meg:

Cu: A KCl-EDTA és töménysav kivonószerek a pH-val és kötöttséggel, továbbá egymással korrelálnak, Lakanen-Erviövel nincs igazolható kapcsolat.

**Zn:** csak a kötöttség és töménysav között van igazolt összefüggés, a kivonószerek egymással sem korrelálnak.

**Mn:** a három elem közül a legszorosabb a kapcsolata a talajtulajdonságokkal és egymással is.

5. A Lakanen–Erviö és KCl–EDTA kivonószerek között – a Mn kivételével – nem látszik matematikailag igazolt kapcsolat, amely részben a talajok sokféleségével (a 289 minta 5 megye eltérő ásványi összetételű talajaiból származik) és a minták kevés számával indokolható, másrészt gyakran ellentétesen viselkednek a pH és a  $\text{CaCO}_3$ -tartalom változására. Savanyú pH-n a KCl–EDTA, meszes talajon a Lakanen–Erviö kivonószer von ki többet.

6. A KCl–EDTA kivonószer reakciója nagyobb hasonlóságot mutat a talajtulajdonságok változására a TS-sel, mint a LE.

7. Az irodalmi forrásmunkák szerzői a Zn vizsgálatára a LE helyett a DTPA-t használják, feltehetően a LE nem bizonyult alkalmasnak.

8. Az értékelés alapján megállapítható, hogy az „összes” és „felvehető” elemtartalom vizsgálatához a kötöttség ( $K_A$ ) alkalmasabb paraméter, mint az agyagtartalom. Ennek feltehetően az az oka, hogy az agyagtartalom csak az agyag minőségének ismeretével együtt használható. A kötöttség viszont minőségi paramétert is tartalmaz (pl. duzzadás).

9. A kivonószerek viselkedése a talajtulajdonságok függvényében jelentős különbséget mutat elemenként. A LE és KCl–EDTA által kivont mennyiség aránya talajtulajdonságon belül is változik. Réz, cink, mangán elemeknél a pH és mésztartalom növekedésével csökken az arány, cink és mangán esetében a humusztartalom növekedésével szintén csökkenést mutat. Réz és cink elemeknél az arány a kötöttség növekedésével  $K_A$  42-ig növekszik, majd csökken. Mangánnál az arány csökkenése a kötöttség növekedésével végig jelentkezik.

Vizsgálatunkkal sikerült összefüggést találni a legfontosabb talajtulajdonságok és a Lakanen–Erviö ill. a KCl–EDTA kivonószerek értékei között. Ezek az összefüggések a minták viszonylag kis száma és az eredmények szórása ellenére a tendenciák megállapítására kiválóan alkalmasak. A két kivonószer kalibrációjához a vizsgálatokat tovább kell folytatni, amelyhez eredményeink kellő alapot nyújthatnak.

### Irodalom

- BUZÁS I. (Szerk.), 1993. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerekönyv 1. INDA 4231. Budapest.
- KIEKENS, S. L. & COTTENIE, A., 1982. Principles of soil analysis with regard to trace elements. In: Newsletter of the FAO European Cooperative Network on Trace Elements. 5–20. Gent.
- LAKANEN, E. 1962. On the analysis of soluble trace elements. Helsinki Ann. Agric. Fenn. 2. 109–117.

- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agr. Fennica* 123. 223–232.
- MARTH P., 1990. Talajvizsgálati oldószerek összehasonlító vizsgálata. Szakmérnöki diplomadolgozat. GATE Mezőgazdaságtudományi Kar.
- MOLNÁROS I., 1997. Vas megye talajainak nehézfém- és alumínium-tartalmának felmérése, értékelése. In: XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok 1997. október 14–16. 164–174.
- SOLTANPOUR, P. N. & SCHWAB, A. P., 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micronutrients in alkaline soils. *Soil Sci Plant Analysis*. 8. (3) 195–207.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1992. New plant nutrition advisory system in Hungary. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23. 2053–2073.
- VÁRALLYAY GY. et. al. (Szerk.) 1995. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer 1. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály. Budapest.

*Érkezett: 1998. december 10.*



## Comparison of the Copper, Zinc and Manganese Contents of Soils After KCl-EDTA, Lakanen-Erviö and Concentrated Acid Digestion on the Basis of Analyses Carried Out as Part of the Soil Conservation Information and Monitoring System

I. MOLNÁROS and C. GRÁCZOL

Vas County Plant Health and Soil Conservation Station, Tanakajd (Hungary)

### Summary

The basic aim of the experiments was to interpret the results of copper, zinc and manganese analyses carried out in Hungary since 1978 using KCl-EDTA extractant in the light of the Lakanen-Erviö extraction results obtained internationally.

Soil properties – pH,  $\text{CaCO}_3$  %, humus, plasticity – have a considerable influence on the microelement contents of the soils and the quantity of elements which can be extracted with various extractants.

Although the 289 samples taken in five counties (Győr-Moson-Sopron, Somogy, Vas, Veszprém, Zala) are not sufficient in themselves for the calibration of the extractants, the trends observed will be of assistance in this calibration. Further information is provided by the KCl-EDTA analysis and evaluation of 11,259 samples from Vas County.

The most important results were as follows:

Soil properties are closely correlated with each other (Table 4). The correlations between plasticity and humus ( $r = 0.59^{***}$ ) and between pH and  $\text{CaCO}_3$  ( $r = 0.45^{***}$ ) were especially high.

Clear correlations could be observed between the soil properties and all three elements and extractants, though these were not always significant in the biometric calculations due to the wide deviations. The following conclusions could be drawn on the basis of correlation calculations:

**Cu:** The KCl-EDTA and concentrated acid extractants exhibited correlations with pH and plasticity and with each other, but were not correlated with Lakanen-Erviö extractant.

**Zn:** A correlation could only be proved between plasticity and concentrated acid extractant; the extractants were not correlated with each other.

**Mn:** This element was the most closely correlated to soil properties and to each other.

Except in the case of Mn no mathematically significant correlation was found between the Lakanen-Erviö and KCl-EDTA extractants, which could be due partly to the diverse nature of the soils (the 289 samples originated from the soils of 5 counties with different mineral compositions) and the small number of samples, and partly to the fact that these methods react differently to changes in pH and  $\text{CaCO}_3$  content. Larger quantities are extracted with KCl-EDTA when the pH is acidic and with Lakanen-Erviö extractant on calcareous soil.

The response of KCl-EDTA extractant to changes in soil properties exhibited greater similarity to concentrated acid than to Lakanen-Erviö extractant.

In the literature DTPA is used for the analysis of Zn instead of Lakanen-Erviö, probably because the latter was found to be unsuitable.

It can be concluded from the evaluation that plasticity ( $K_A$ ) is a better parameter for the analysis of total and available element contents than the clay content.

The behaviour of the extractants as a function of soil properties exhibits considerable differences from one element to the other. The ratio of the quantity of elements extracted with Lakanen-Erviö and KCl-EDTA also changed within the soil properties themselves. For copper, zinc and manganese the ratio declined as the pH and  $\text{CaCO}_3$  content increased, and a decrease was also observed with a rise in humus content in the case of zinc and manganese. For copper and zinc the ratio increased as plasticity increased up to  $K_A$  42, after which it declined. For manganese the drop in the ratio with an increase in plasticity was perceptible throughout.

In the present work a correlation was found between major soil properties and the values obtained with the Lakanen-Erviö and KCl-EDTA extractants. Despite the relatively small number of samples and the great deviations in the results, these correlations were able to demonstrate trends. If the two extractants are to be calibrated, the analyses must be continued on the lines followed in the present study.

*Table 1.* Copper analysis of the Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) Parameter. a) Mean; b) Deviation. (2) TIM profiles ( $n = 289$ ). (3) No. (4) Upper limit of plasticity according to Arany,  $K_A$ . (5) Humus, %. (6) Ratio. (7) Vas County soils ( $n = 11259$ ). A.  $\text{pH(KCl)}\text{-CaCO}_3$ , %. B. Humus, H %. C. Upper limit of plasticity according to Arany,  $K_A$ . D. Clay, %.

*Table 2.* Zinc analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) and A–D.: see Table 1.

*Table 3.* Manganese analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) and A–D.: see Table 1.

*Table 4.* Correlation matrix. Kötöttség = upper limit of plasticity according to Arany.